امنیت در شبکه های حس‌گر بیسیم بدنی

تالیف

مهندس عاطفه حیدریان

مهندس مهدی حیدریان

انتشارات قانون‌یار

۱۳۹۷

تقدیم

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است.

به استوارترین تکیه گاهم،دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم،چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

بوسه بر دستان پرمهرتان

تشکر و قدردانی

استاد گرامی جناب آقای دکتر رفیقی

دلسوزی ، تلاش و کوشش حضرتعالی در تعلیم و تربیت و انتقال معلومات و تجربیات ارزشمند در کنار برقراری رابطه صمیمی و دوستانه با دانشجویان و ایجاد فضائی دلنشین برای کسب علم و دانش و درک شرایط دانشجویان حقیقتاً قابل ستایش است. اینجانب بر خود وظیفه میدانم در کسوت شاگردی از زحمات و خدمات ارزشمند شما استاد گرانقدر تقدیر و تشکر نمایم.

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.از خداوند متعال برایتان سلامتی ، موفقیت و همواره یاد دادن را مسئلت دارم.

فهرست مطالب

پیشگفتار

فصل اول

معرفی شبکه های حسگر بی‌سیم بدنی

فصل دوم

بررسی سوابق و ادبیات علمی این کتاب

فصل سوم

روش تحقیق

فصل چهارم

شبیه‌سازی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری

فهرست مراجع

پیشگفتار

شبکه حسگر بی‌سیم سطح بدن یک حسگر کلیدی است که به منظور نظارت بر سلامت بیمار و تشخیص بسیاری از بیماری‌های تهدیدآمیز به صورت بی‌درنگ ارائه شده است. در سال‌های اخیر موضوع امنیت در شبکه‌های WBAN و مصرف انرژی آن یک موضوع تحقیق جالب برای نظارت بر بدن انسان بوده است که پزشکان را قادر به پیش‌بینی، تشخیص و واکنش موثر و به موقع به وضعیت‌ها و شرایط مختلف می‌کند.

تحقیقات فعلی شبکه‌های حسگر سطح بدن بر روی ارتباطات قابل اطمینان بیمار، تحرک و جابجایی بیمار و مسیریابی با انرژی کارا متمرکز است. با این حال، به‌کارگیری فن‌آوری‌های جدید در کاربردهای بهداشت و درمان بدون توجه به امنیت، حریم خصوصی بیمار را در معرض خطر قرار می‌دهد. در این تحقیق، شبکه‌های حسگر بی‌سیم سطح بدن بررسی گردیده و انواع خطرات و چالش‌های موجود در مسیر امنیت آن‌ها شناسایی شده است. در انتها نیز

به کمک روش محاسبات ابری یک مدل مسیریابی امن برای مانیتورینگ بیماران ارائه گردیده است.

فصل اول
معرفی شبکه های حسگر بی‌سیم بدنی

مقدمه

فناوری‌های جدید در زمینه مخابرات بی‌سیم و الکترونیک توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربردهای گوناگون را امکان‌پذیر کرده است. حسگرهای کوچک شامل، حسگر واحد پردازش و واحد ارتباط می‌باشند، ایده شبکه حسگر بی‌سیم بدنی را بر مبنای همکاری و

هماهنگی تعداد زیادی از این گره‌ها ایجاد نموده‌اند.

در چند سال گذشته، افزایش عظیمی در تعداد و تنوع تجهیزات پایش سلامت به وجود آمده است. پایشگرهای ساده پالس، پایشگرهای فعالیت، پایشگرهای قابل حمل سیگنال قلب یا حسگرهای گرانقیمت و پیچیده قابل جایگذاری در بدن، نمونه‌هایی از این تجهیزات هستند. با این حال سیستم‌های موجود هنوز با محدودیت‌های مهمی مواجهند که استفاده از آن‌ها را برای پایش

پیوسته و تشخیص اختلالات پزشکی، غیرعملی می‌سازد. با این دستگاه‌ها، تنها جمع‌آوری، پردازش و تحلیل خارج از خط داده‌ها میسر است. کابل‌های زیاد بین حسگرها و سیستم پایش، فعالیت بیمار و سطح راحتی وی را محدود می‌کند که اثر منفی روی نتایج اندازه‌گیری شده می‌گذارد. نکته مهم دیگر استقلال عملکرد این حسگرهاست که معمولا انعطاف لازم برای مجتمع شدن با سایر تجهیزات را ندارند و نیز این که سیستم‌های موجود به

ندرت مقرون به صرفه هستند. دستگاه‌های معمول پایش وقایع فیزیولوژیکی بیمارستانی با کلینیکی، دید کمی از وضعیت بیمار ارائه می‌دهند. دست کم سه محدودیت اصلی برای پایش کلینیکی قابل ذکر است:

۱. ممکن است نتوانند اتفاقات نادر را نمونه‌برداری کنند.

۲. آن‌ها نمی‌توانند پاسخ‌های فیزیولوژیک را در حین دوره‌های فعالیت استراحت و خواب طبیعی فرد اندازه‌گیری کنند که نشان دهنده‌های

واقعی‌تری از سلامت بیمار نسبت به پاسخ‌های بیمار به محرک درمانی هستند. حتی تلاش‌های کلینیکی برای شبیه‌سازی استرس‌زاهای فیزیولوژیک مثلا تست ورزشی، ممکن است نتوانند پاسخ فیزیولوژیک صحیح را به آرایه پیچیده استرس‌زاهای فیزیکی و روانی جفت کنند.

۳. دوره‌های کوتاه پایش نمی‌توانند تغییرات شبانه‌روزی در سیگنال‌های فیزیولوژیک را که منعکس کننده پیشرفت بیماری است آشکار

کنند.

یک روش نویدبخش در مراقبت سلامت انسان و کاربردهای پزشکی، استفاده از شبکه‌های حسگر پزشکی (بیومدیکال) بی‌سیم (**BSN**) است که از جمله مهمترین کاربردهای شبکه‌های حسگر می‌باشد. ظهور شبکه‌های حسگر پزشکی نمایانگر جهشی در تکنولوژی و علم پزشکی و علم پزشکی است. این شبکه‌ها، شاخه جدید و جالبی در دنیای پایش سلامت از راه دور ایجاد کرده‌اند.

امروزه بحث سیستم‌های کنترل و نظارت از راه دور یکی از مباحث پر چالش در زمینه علوم الکترونیک و کامپیوتر می‌باشد. لذا تحقیقات در هر زمانی به دنبال راه‌حلی می‌باشد تا شرایط خاص و انتظارات مدنظر را پاسخ دهد؛ در شرایط و کیفیت کاری یکسان هر چه نسبت هزینه به کارائی پائین‌تر باشد، همان قدر محبوبیت آن شیوه بالاتر خواهد رفت. برای آگاهی از تغییرات محیط اطراف و یا وضعیت هر مجموعه نیازمند یکسری تجهیزاتی هستیم که

بعنوان حسگر شناخته می شوند و اینها تغییرات مدنظر(تغییرات فیزیکی یا شیمیائی) را در قالب یک پاسخ، به منظور اندازه‌گیری میزان تغییرات و یا وجود آن، ارائه می‌دهند. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز می‌توان سایر عملیات را بر اساس پاسخ ارائه شده انجام داد.

با توجه به نرخ رشد جمعیت سالمندان(افراد ۶۵ ساله و بالاتر) و محدودیت مالی منابع، سیستم‌های مراقبت بهداشت فعلی با چالش های جدید روبرو هستند. با توجه به آمار ایالات

متحده آمریکا تعداد افراد مسن آمریکا (۶۵-۸۵ ساله) از ۳۵ میلیون به ۷۰ میلیون نفر در سال ۲۰۲۵ پیشبینی شده است. این روند نشان می دهد که جمعیت سالمندان جهان به دو برابر (از ۳۷۵میلیون نفردر سال ۱۹۹۰ به۷۶۱میلیون در سال ۲۰۲۵) خواهد رسید. علاوه براین، هزینه های مراقبت‌های بهداشتی به طور کلی در ایالات متحده ۱/۸تریلیون دلار در سال ۲۰۰۴ بوده،و این عدد در سال ۲۰۲۰ به سه برابر پیش‌بینی شده است. این بحران قریب‌الوقوع، پژوهشگران،

صنعتگران، واقتصاددانان را نسبت به پیدا کردن راه حل مطلوب وسریع در حوزه سلامت جذب کرده است [۱]. پیشرفت های جدید در زمینه‌های مدار های مجتمع، ارتباط بی سیم، تکنولوژی های نیمه هادی و علم کوچک سازی باعث رشد شبکه حسگر در کاربرد وسیعی از جمله پزشکی و سازمان بهداشت و درمان شده است [۲]. از طرفی دیگر افزایش بیماری ها و هزینه‌های درمانی ناشی از آن سبب پیدایش تکنیک‌هایی برای حل این مشکلات شده است.

یکی از این تکنیک ها به کارگیری شبکه های بی سیم بدنی می باشد [۳]. **WBAN** شامل چندین حسگر کوچک الکترونیکی است که به انسان متصل هستند و به طور خاص به مشکلاتی مانند فشار خون، قند خون، جنبش اندام و... نظارت میکنند و به یک هماهنگ کننده می‌فرستند. این سنسورهای کوچک اطلاعات مربوط به سلامتی را جمع آوری کرده و با پزشکان یا سرورهای پزشکی ارتباط برقرار کرده، به طوری که آنها می توانند پارامترهای

سلامتی بیمار را تجزیه و تحلیل کنند و مورد نظارت قرار دهند [۴]

توسعه تکنولوژی **WBAN** از سال ۱۹۹۵ شروع شد و ایده آن از **WPAN** (شبکه‌های بی‌سیم شخصی ناحیه‌ای) تکنولوژی در نزدیکی و اطراف بدن انسان گرفته شده است. حدود شش سال بعد، اصطلاح (**BAN**) اشاره به سیستمی که به طور کامل در داخل و روی بدن انسان در قرار دارد به وجود آمد [۵].

بیان مساله این اثر علمی

پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم باعث شده بتوانیم گره‌های حسگر چندکاره، با توان مصرفی پایین و هزینه کم داشته باشیم که از نظر اندازه خیلی کوچک هستند و برای مسافت‌های کوتاه می‌توانند با هم ارتباط برقرار کنند. این گره‌های حسگر کوچک طبق نظریه شبکه‌های حسگر، دارای تجهیزات حس کردن، پردازش داده‌ها و مخابره آنها و همچنین منابع انرژی می باشند. تفاوت اصلی شبکه‌های حسگر با سایر شبکه‌ها در ماهیت

داده‌محور و همچنین منابع انرژی و پردازشی بسیار محدود در آنهاست که موجب شده تا روش‌های مطرح شده جهت انتقال داده‌ها در سایر شبکه ها و حتی شبکه هایی که تا حد زیادی ساختاری مشابه شبکه‌های حسگر دارند (مانند شبکه‌های موردی)، در این شبکه‌ها قابل استفاده نباشند. روند توسعه این شبکه‌ها در حدی است که مطمئنا این شبکه‌ها در آینده نزدیک، نقش مهمی را در زندگی روزمره ما ایفا خواهند کرد. شبکه حسگر بی سیم در زمینه محاسبات به

عنوان یک سیستم پیچیده کارآمد متشکل از سازمان های کوچک توزیع محدود تعریف می شود. پیچیدگی های گسترده این سیستم حاصل محدودیت ها و چالش های سیستم است. این یک واقعیت است که شبکه گیرنده بی سیم از نظر مصرف انرژی، سطح ارتباطات، هزینه های لینک، پهنای باند پایین، پردازش و ذخیره سازی محدود است. نظر به اینکه کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم، به صورت روزافزون در حال گسترش است، طراحی این شبکه ها به نحوی که

منطبق بر احتیاجات کابردی خاص باشند، چالش بزرگی به شمار می رود. طراحان شبکه، متناسب با کاربرد مدنظر، جهت افزایش کارائی شبکه، پارامترهای مختلفی را برای بهبود در نظر می گیرند. پارامترهایی هم چون پوشش ناحیه، طول عمر شبکه، قابلیت اطمینان و مانند آن. بنابراین یک رویکرد کلی وهمه جانبه برای بهبود عملکرد همه جانبه یک شبکه حسگر بی سیم از اهمیت خاصی برخوردار است و در کاربرد های حساس یک ضرورت به حساب می آید که علی

رغم پژوهش ها و تحقیقات فراوان باز هم زمان و مسیر فراوانی تا بهبود و بهینه سازی کامل این شبکه ها وجود دارد.

اما اضافه کردن طول عمر شبکه به توابع متضادی مانند افزایش پوشش شبکه و حسگر های فعال خود چالش بزرگی است زیرا طول عمر شبکه پارامتر بسیار ضروری و مهمی است که مرتبط به عملکرد اجرایی شبکه ی سنسور است و در سطوح مختلفی مانند طراحی ،عملیات و ارایش و ترتیب و گسترش سنسور ها

و کل شبکه نقش مهمی ایفا می نماید. است .
[۶-۸]

از طرف دیگر حفظ منبع انرژی نیز از اهمیت و ضرورت خاطی بر خوردار است. گره های سنسور وایرلس به طور لاینفک ابزارهای محدودسازی شده ی انرژی هستند .علاوه بر این ،بیشتر زمانها این ابزارها در مسیری سازماندهی می گردند که دست یابی به بخشی که در ان شارژ دوباره یا جایگزینی باتری ها دشوار یا غیر ممکن است .بنابراین ،حفظ انرژی از طریق

استفاده ی موثر و کارامد از انرژی در دسترس به تداوم فرایند عملیاتی شبکه کمک قابل توجهی ارائه می دهد .بحداکثر رسانی حفظ انرژی یکی از اهداف مطلوب است که در مقاله های متعدد مورد خطاب قرار گرفته است [۹،۱۰]

از جمله کاربرد هایی که در حال حاضر برای شبکه حسگر مطرح می‌شود در زمینه پزشکی می‌باشد. با تولید حسگرهایی با توانایی اندازه‌گیری دقیق و سریع علائم حیاتی بدن، می‌توان انتظار استفاده بیش از پیش شبکه‌های

حسگر بی‌سیم برای ارائه بهتر خدمات درمانی به بیماران و آسیب‌دیدگان در سوانح مختلف را داشت. تلاش‌های کنونی در جهت نیل به سیستمی است که به صورت خودکار علائم حیاط بدن را اندازه‌گیری کرده و در صورت لزوم آن را به پزشک ارائه دهد که اینگونه از سیستم‌ها به نام سیستم‌های نظارت بر سلامت بیمار شناخته می‌شوند.

شبکه حسگر بدنی یک شبکه حسگر بی‌سیم است که با بکارگیری گره‌های حسگر بی‌سیم در

محدوده بدن فرد اندازه‌گیری پارامترهای بیولوژیکی وی را انجام می‌دهد. این شبکه به دو نوع پوشیدنی و کاشتنی در دسترس می‌باشد. این سیستم‌ها بر فعالیت‌های فیزیکی نیز نظارت دارند. این سیستم‌ها با ارائه سرویس‌هایی نظیر نظارت پزشکی، ارائه اطلاعات دارویی و پزشکی، ارتقای حافظه افراد، کنترل دستگاه‌های خانگی، برقراری ارتباط در شرایط اورژانسی، به افراد کمک می‌نماید. مانیتورینگ مداوم شبکه حسگر بدنی امکان تشخیص محدوده وسیعی از

سرویس‌هاس سلامت را برای افرادی با درجات مختلف ناتوانی ادراکی و حسی و حرکتی فراهم می‌کند.

شبکه حسگر بی‌سیم سطح بدن یک حسگر کلیدی است که به منظور نظارت بر سلامت بیمار و تشخیص بسیاری از بیماری‌های تهدیدآمیز به صورت بی‌درنگ ارائه شده است. در سال‌های اخیر موضوع امنیت در شبکه‌های **WBAN** و مصرف انرژی آن یک موضوع تحقیق جالب برای نظارت بر بدن انسان بوده است که پزشکان

را قادر به پیش‌بینی، تشخیص و واکنش موثر و به موقع به وضعیتها و شرایط مختلف می‌کند. تحقیقات فعلی شبکه‌های حسگر سطح بدن بر روی ارتباطات قابل اطمینان بیمار، تحرک و جابجایی بیمار و مسیریابی با انرژی کارا متمرکز است. با این حال، به‌کارگیری فن‌آوریهای جدید در کاربردهای بهداشت و درمان بدون توجه به امنیت، حریم خصوصی بیمار را در معرض خطر قرار می‌دهد.

به منظورکاهش مصرف انرژی شبکه های

حسگر بی سیم، چندین مکانیزم وجوددارد که ازآن جمله می توان به کنترل توپولوژی، حذف بسته های کنترل ،زمان بندی رادیویی و مهمترین آن ها تجمیع داده ها اشاره کرد. [۱۱] در این پایان‌نامه، یک پروتکل مسیریابی امن برای شبکه‌های بی‌سیم بدنی ارائه می‌گردد. در این تحقیق از پیکربندی چندمنظوره برای مینیمم کردن انرژی و افزایش طول عمر شبکه استفاده شده است. تابع هزینه در این الگوریتم یک گره والد را که دارای انرژی باقی‌مانده زیاد و

نزدیکترین فاصله به چاه است انتخاب می‌کند. پارامتر انرژی باقی‌مانده بین مصرف انرژی در گرههای حسگر با توجه به فاصله گره‌ها تا چاه تعادل برقرار می‌کند. شبیه‌سازی‌های انجام شده با استفاده از نرم‌افزار متلب خواهد بود.

ضرورت تالیف این اثر علمی

با توجه به نرخ رشد جمعیت سالمندان(افراد ۶۵ ساله و بالاتر) و محدودیت مالی منابع، سیستم‌های مراقبت بهداشت فعلی با چالش های جدید روبرو هستند. با توجه به آمار ایالات

متحده آمریکا تعداد افراد مسن آمریکا (۶۵-۸۵ ساله) از ۳۵ میلیون به ۷۰ میلیون نفر در سال ۲۰۲۵ پیشبینی شده است. این روند نشان می دهد که جمعیت سالمندان جهان به دو برابر (از ۳۷۵ میلیون نفردر سال ۱۹۹۰ به۷۶۱ میلیون در سال ۲۰۲۵) خواهد رسید. علاوه براین، هزینه های مراقبت‌های بهداشتی به طور کلی در ایالات متحده ۱/۸تریلیون دلار در سال ۲۰۰۴ بوده،و این عدد در سال ۲۰۲۰ به سه برابر پیشبینی شده است. این بحران قریب‌الوقوع، پژوهشگران، صنعتگران،

واقتصاددانان را نسبت به پیدا کردن راه حل مطلوب وسریع در حوزه سلامت جذب کرده است [۱]. پیشرفت های جدید در زمینه‌های مدارهای مجتمع، ارتباط بی سیم، تکنولوژی های نیمه هادی و علم کوچک سازی باعث رشد شبکه حسگر در کاربرد وسیعی از جمله پزشکی و سازمان بهداشت و درمان شده است [۲]. از طرفی دیگر افزایش بیماری ها و هزینه‌های درمانی ناشی از آن سبب پیدایش تکنیک‌هایی برای حل این مشکلات شده است. یکی از این

تکنیک‌ها به کارگیری شبکه‌های بی‌سیم بدنی می باشد [۳].

اهداف این کتاب

هدف اصلی این تحقیق، ارایه یک پروتکل مسیریابی معتبر با خروجی بالا و موثر بر نیرو برای شبکه‌های محل بی‌سیم می‌باشد. به طور کلی اهداف زیر در این پایان‌نامه مدنظر است:

۱.معرفی و بررسی شبکه‌های حسگر بی‌سیم و امنیت در آن‌ها

۲.شبیه‌سازی عددی شبکه حسگر بی‌سیم بدنی

۳.مکان شناسی چندهاپی برای رسیدن به حداقل مصرف انرژی و طول عمر

۴.مینیمم کردن زمان ثبات شبکه

سوالات مطروحه

۱.الگوریتم پیشنهادی از چه طریق موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود؟

۲.بهبود زمان و پایداری شبکه از چه طریقی انجام می‌شود؟

۳. چگونه می توان از طریق بررسی انرژی امنیت حسگرهای بدنی را بررسی کرد؟

فرضیه‌های مطروحه

فرضیه‌های تحقیق به شرح زیر است:

۱.الگوریتم ارائه شده با استفاده از یک روش مسیریابی چندهاپ و انتخاب یک گره خاص به عنوان گره مادر موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود.

۲.تعداد محدود گره‌های **WBANs** فرصت

کاهش محدودیتهای پروتکلهای مسیریابی را ایجاد می کند. در واقع، با یاداوری محدودیتهای مسیریابی ،زمان ثبات شبکه و خروجی آن بهبود داده می‌شود.

۳. امنیت حسگرهای بدنی از طریق پایداری و مینیمم سازی انرژی بررسی می گردد.

فرض‌های تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

۱.تعداد گره‌های درنظر گرفته شده در بدن، ۸ عدد می‌باشد.

۲.بررسی پایداری از طریق، مینیمم سازی انرژی انجام می‌شود.

فصل دوم
بررسی سوابق و ادبیات علمی این کتاب

مقدمه

در این فصل، تعاریف و مسائل مختلف حسگرهای بی‌سیم بدنی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

حسگرهای بی‌سیم بدنی

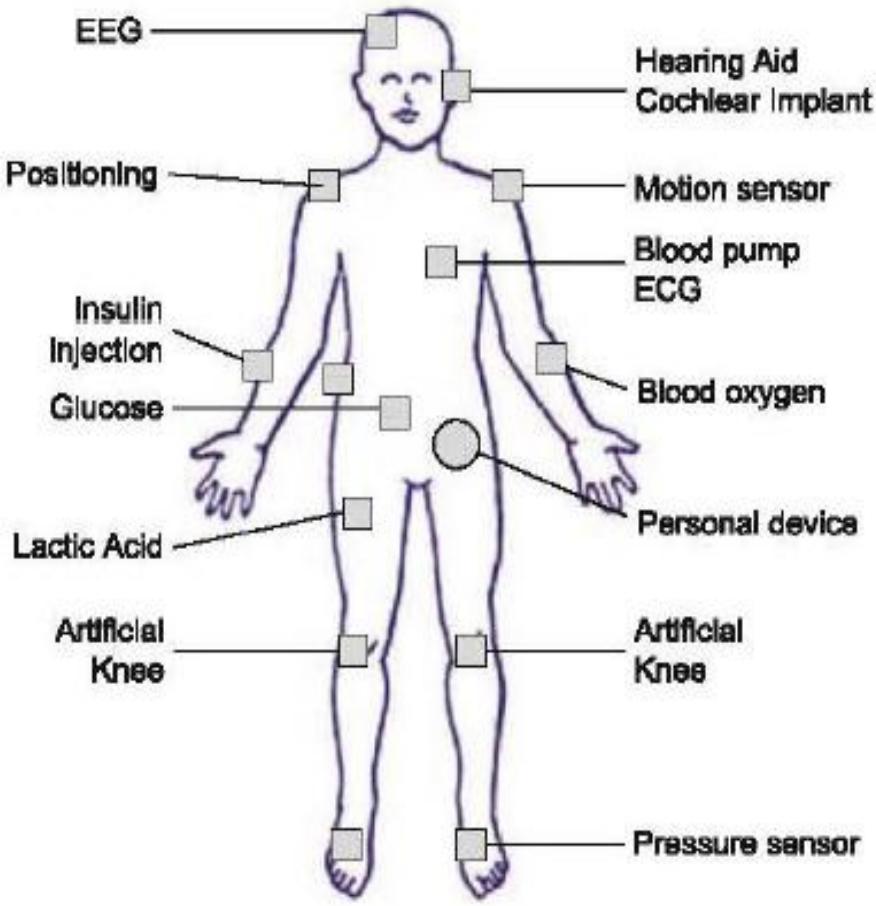
شبکه حسگر بدنی یک شبکه حسگر بی‌سیم است که با بکارگیری گره‌های حسگر بی‌سیم در محدوده بدن فرد اندازه‌گیری پارامترهای

بیولوژیکی وی را انجام می‌دهد. این شبکه به دو نوع پوشیدنی و کاشتنی در دسترس می‌باشد. این سیستم‌ها بر فعالیت‌های فیزیکی نیز نظارت دارند. این سیستم‌ها با ارائه سرویس‌هایی نظیر نظارت پزشکی، ارائه اطلاعات دارویی و پزشکی، ارتقای حافظه افراد، کنترل دستگاه‌های خانگی، برقراری ارتباط در شرایط اورژانسی، به افراد کمک می‌نماید. مانیتورینگ مداوم شبکه حسگر بدنی امکان تشخیص محدوده وسیعی از سرویس‌هاس سلامت را برای افرادی با درجات

مختلف ناتوانی ادراکی و حسی و حرکتی فراهم می‌کند. در شبکه‌های حسگر بدنی برای نظارت بر علائم حیاتی بیمار و یا تشخیص حرکت، حسگرهایی مانند حسگرهای حرکتی و حسگرهای الکترودکاردیوگرام، روی بدن بیماران نصب می‌شود. در حقیقت شبکه حسگر بدنی از چندین حسگر زیستی تشکیل شده است. یک شبکه حسگر زیستی تشکیل شده است. یک شبکه حسگر بی‌سیم بدنی ضمن آن که می‌تواند بر علائم حیاتی نظارت داشته باشد، یک بازخورد برای کاربر فراهم می‌کند که کاربر به

واسطه آن می‌تواند پیشرفت بیماری خود را مشاهده و پیشگیری‌های لازم را انجام دهد. شبکه حسگر بی‌سیم بدنی یک زیرسیستم است که به صورت شبکه‌های حسگر موردی بر روی بدن بیماران نصب می‌شود. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدی بدون این که فعالیت‌های معمول و روزمره بیماران را محدود کنند امکان نظارت طولای مدت بر سلامت آن‌ها را تحت حالات فیزیولوژیکی طبیعی فراهم می‌کنند. در شبکه‌های بی‌سیم بدنی حسگرهای گوناگونی بر

روی لباس یا بدن الصاق شده و یا حتی در زیر پوست کاشته می‌شود. با استفاده از یک شبکه حسگر بی‌سیم، بیمار جابجایی و حرکت فیزیکی بیشتری را تجربه نموده و مجبور به ماندن در بیمارستان نیست و می‌تواند هزینه‌های سالانه مراقبت از سلامتی را کاهش دهد.



شکل ۲-۱: حسگرهای بدنی برای مانیتورینگ بیماران.

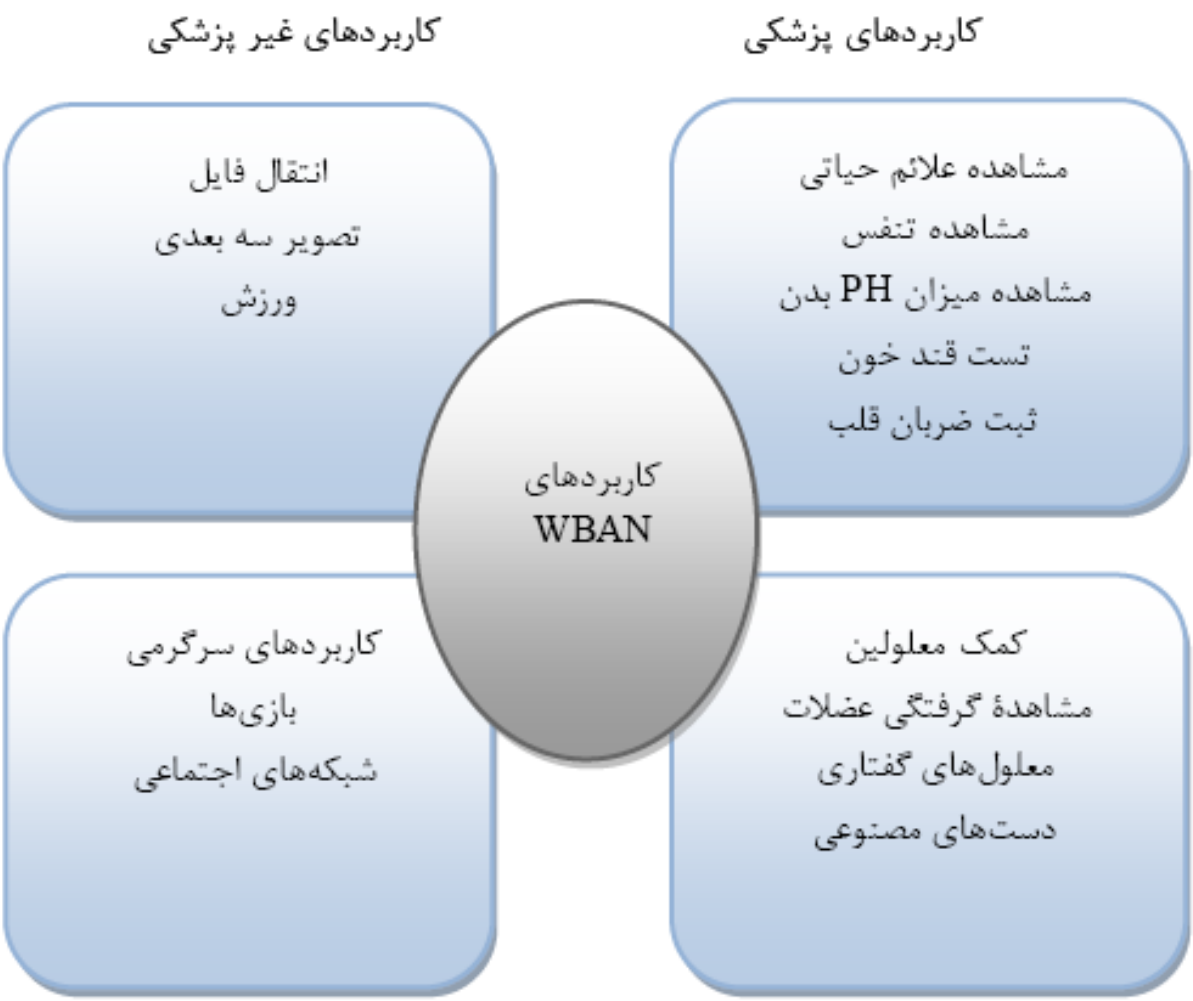
مزیت‌ها و موارد کاربرد شبکه‌های بی‌سیم بدنی

کاربردهای **WBAN** به دو دسته کلی پزشکی و غیر پزشکی تقسیم می‌شوند که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است **[۱۲]**. کاربردهای پزشکی شامل جمع‌آوری اطلاعات حیاتی بیمار به طور پیوسته و ارسال آن به ایستگاه‌های راه دور برای تحلیل بیشتر است. این حجم زیاد از اطلاعات بیمار می‌تواند در جلوگیری از احتمال حملات قلبی، همچنین مراقبت در برابر بیماری‌های خطرناکی مثل سرطان، آسم، اختلالات اعصاب و... موثر باشد.

موارد متعددی از به کارگیری **WBAN** برای تشخیص و درمان بیماری وجود دارد. بسیاری از محققان به تحقیق در این رابطه پرداخته‌اند **[۳]**. همچنین برای افرادی که ناتوانی جسمی دارند، مفید است. برای مثال چیپ‌های مصنوعی شبکه چشم می‌تواند درون چشم انسان قرار بگیرد و سطحی از دیدن را فراهم کند **[۱۳]**. کاربردی در کمک به افراد معلول مطرح شده است. کاربردهای غیر پزشکی شامل کاربردهای نظامی، بازی‌ها و شبکه‌های اجتماعی می‌باشد. در

کاربردهای نظامی می‌توان به استفاده از یک **WBAN** در میدان جنگ اشاره کرد. در این کاربرد، **WBAN** به منظور مرتبط کردن سربازان و گزارش‌های آن‌ها به فرماندهان استفاده می‌شود. در بازی‌ها، حسگر **WBAN** می‌تواند جابجایی مختصات قسمت‌های مختلف بدن را جمع‌آوری کند و متقاعبا این حرکت را به شخصیت مورد نظر در بازی منتقل کند. به عنوان مثال بازی تنیس. با استفاده از **WBAN** ، شبکه‌های اجتماعی به کاربرانشان اجازه می‌دهند

تا پروفایل دیجیتالی خود را با تکان دادن دست‌ها تغییر دهند [۸].



شکل ۲-۲: کاربردهای حسگر WBAN

WBAN که به منظور اهداف پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد چند مزیت مهم در مقایسه با سیستم‌های پایش قدیمی دارد اولین مزیت به دلیل ماهیت بی‌سیم بودن شبکه‌های **WBAN** می‌باشد که باعث راحتی هر چه بیشتر بیمار می‌شود به طوری که بیمار می‌تواند تمام فعالیت‌های روزمره خود را (با وجود حسگرها) بدون هیچ مزاحمتی انجام دهد. دومین مزیت ، سهولت نظارت بر بیمار (مشاهده علائم فیزیولوژی بدن بیمار) به دلیل مستقل بودن از

موقعیت بیمار است. به این ترتیب که یک فرد بیمار چه در خانه باشد چه در محیط کار به طور دائم مورد نظارت قرار گیرد و نتیجه این عمل نظارت به صورت دراز مدت است [۱۴]. علاوه بر این، برخی از دستگاه های بی سیم کاشته می تواند درد بیماران در هنگام تشخیص و درمان را کاهش دهد [۱۵]. اطلاعات جمع‌آوری شده از بیمار در طولانی مدت نقش بسزایی در تشخیص و درمان بسیاری از بیماری‌ها دارد. یکی از مشخصات **WBAN** که آن را از دیگر

تکنولوژی‌های موجود همچون شبکه‌های حسگر بی‌سیم (**wsn**) متمایز کرده است، محدوده کمی است که توسط این شبکه پوشش داده می‌شود. این محدوده در حدود ۲ متر می‌باشد و در بعضی کاربردها به ۵ متر هم می‌رسد. دیگر مشخصات **WBAN** در جدول (۲-۱) نشان داده شده است [۲].

جدول ۲-۱: مشخصات WBAN [۲]

مشخصه	مقدار

فاصله	۲متر،در بعضی حالات ۵ متر
زمان راه اندازی	<۱۰۰ نانو ثانیه
زمان برپایی شبکه	<۱ ثانیه به ازای هر دستگاه
مصرف انرژی	تقریبا ۱ میلی وات به ازای هر ۱ مگابیت بر ثانیه

طبقه‌بندی حسگرهای بدنی

حسگرها عمل اصلی درشبکه‌های حسگر بدنی یعنی عمل جمع آوری اطلاعات را برعهده دارند

.انواع گوناگونی از حسگرها برای شبکه‌های بدنی طراحی شده که در جدول ۲-۲ به بخشی از آنها اشاره شده است[۱۶].

جدول ۲-۲: انواع حسگرهای بدنی[۱۰]

زمینه‌ی کاربرد بیماری	حسگرها	نقش WBAN
بیماری‌های قلبی ۳۰٪	حسگر ضربان قلب	کادر پزشکی اگر اطلاعات

کل مرگ و میر ۱۷/۵ میلیون نفر در سال و در سال ۲۰۱۵ به ۲۰ میلیون نفر خواهد رسید	حسگر(ECG)[1]	حیاتی مثل ضربان قلب یا بی‌نظمی قلب، بیماران را داشته باشند میتوانند درمان مناسبی را برای وی در نظر بگیرند

[1] Electro Cardio Graphy

سرطان	حسگر اکسید	حسگر می-
۱۲/۵ میلیون	نیتریک	تواند در
سرطانی در		محل
جهان وجود		مشکوک
دارد و		قرار بگیرد و
تخمین زده		پزشک می-
می‌شود که		تواند درمان
۷/۶ میلیون		را با تشخیص
نفر آنها به		سلول‌های
مرگ منجر		سرطانی هر
خواهد شد		چه سریعتر

		آغاز کند
آلزایمر، افسردگی، فشار خون ۳۷۵ میلیون نفر در سال ۱۹۹۰ و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ به ۷۶۱میلیون		WBAN می‌تواند در صورت مشاهده‌ی هر گونه وضعیت غیر معمول افراد تنها و مسن، هشداری را به خانواده،

نفر برسد		همسایه یا نزدیک‌ترین بیمارستان برساند
بیماری قند (دیابت) ۲۴۶ میلیون نفر در جهان به این بیماری مبتلا می‌باشند	یک حسگر برای اندازه‌گیری قند خون / یک عمل کننده به منظور تزریق انسولین	اگر حسگر افت ناگهانی قند را مشاهده کرد یک سیگنال به عمل کننده جهت

		تزریق انسولین می-فرستد
آسم ۳۰۰ میلیون نفر در جهان به این بیماری مبتلا هستند	حسگرهای حساسیت	حسگرهایی که می‌توانند عوامل آلرژی‌زا در هوا حس کنند و مرتبا بیمار را از این موضوع

		آگاه سازند
نظارت‌های بعد از عمل	حسگرهای درجه حرارت حسگرهای فشار خون حسگرهای ضربان قلب	بیمار دیگر نیازی نیست به مدت طولانی در تخت بیمارستان بماند
فشار خون باعث بروز سکته در	حسگر فشار خون همراه با یک عمل کننده	اگر حسگری تغییری در فشار خون

۷/۱۲ میلیون نفر در جهان می‌شود.		احساس کند و این تغییر بیش از حد مجاز باشد، به عمل کننده سیگنالی ارسال و تزریق دارو در بدن صورت می-

		گیرد در نتیجه شانس کمتری برای بروز سکته وجود دارد

شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی شامل ۱- شبکه بدنی پوشیدنی که بر روی سطح بدن عمل می‌کند. ۲- شبکه بدنی کاشتنی که درون انسان عمل می‌کند، می‌باشند. یک شبکه حسگر بی‌سیم

در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. گره‌های مستقل شامل حسگرها و فعال‌کننده‌ها، با استفاده از یک کنترل کننده مرکزی که به عنوان هماهنگ کننده گره بدن شناخته می‌شود به هم متصل می‌شوند.

شبکه بر روی بدن انسان گسترش می‌یابد و گره‌ها از طریق شبکه ارتباطی بی‌سیم به هم متصل می‌شوند. ارتباط این گره‌ها و هماهنگ کننده، بسته به نوع کاربرد می‌تواند اطلاعات را به طور مستقیم یا از طریق دستیار شخصی یا تلفن

همراه به مرکز پزشکی ارسال کند. گره‌های بدنی به طور پیوسته عمل حسگر را انجام می‌دهند و سیگنال‌های زیستی جمع‌آوری شده از بدن را به سمت هماهنگ کننده می‌فرستند.

اجزای شبکه حسگر بی‌سیم بدنی شامل: الف) گره حسگر: حسگرها در شبکه حسگر بی‌سیم بدنی، جهت اندازه‌گیری و تحلیل سیگنال‌های زیستی دریافت شده از بدن انسان استفاده می‌شوند. تعداد گره‌های حسگر و عملکردشان عمدتا به کاربردشان وابسته است. مشخصه‌های

فنی حسگرها در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول ۲-۳: کاربردها و نیازهای گره‌های حسگر در WBSN [۵]

کاربرد/ ویژگی	حداکثر فرکانس Hz	نرخ داده Mbps	نرخ خطای بیت	تعداد گره	تاخیر ms
ECG	۲۵۰	۶	10^{-10} <۱۰	۶	۲۵۰ <

EEG	۱۵۰	۳/۶	$^{-۱۰}$ ۱۰>	۶>	۲۵۰ >
EOG	۱۵۰	۳/۶	$^{-۱۰}$ ۱۰>	۶>	۲۵۰ >
EMG	۲۰۰۰	۴۸	$^{-۱۰}$ ۱۰>	۶>	۲۵۰ >
کپسول آندوسکوپ	–	۱	$^{-۱۰}$ ۱۰>	۲	۲۵۰ >
CO۲/O۲ دما،	–	۱۰>	$^{-۱۰}$ ۱۰>	۱۲	۲۵۰ >

تنفس، قند خون، شتاب‌سنج					

پیکربندی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی

در این قسمت به بررسی زیرساخت‌های **WBAN** و معماری سه لایه **WBAN** می‌پردازیم.

اساس کار شبکه بی‌سیم بدنی

همانطور که در شکل ۲-۳ مشاهده می‌کنید، یک **WBAN** متشکل از تعدادی گره حسگر و یک هماهنگ کننده می‌باشد، هر گره از باتری، حسگر، عملگر[۱]، پردازشگر، حافظه و فرستنده-گیرنده تشکیل شده است**[۱۷]**. وظیفه هر حسگر دریافت علائم حیاتی بیمار و ارسال آن برای هماهنگ کننده می‌باشد. دو نوع مختلف از حسگرها از لحاظ محل قرارگیری آنها مطرح است:

---

[۱] Actuator

- حسگرهای کاشتنی [۱]که در زیر بدن انسان کار گذاشته می‌شوند. مثل کپسول‌های آندسکپی

- حسگرهای پوشیدنی [۲]که اساسا بر روی بدن نصب می‌شوند. مثل حسگرهای اندازه‌گیری درجه حرارت بدن.

از جمله حسگرهای موجود می‌توان به حسگرهای ثبت امواج الکتریکی مغز (**EEG**)[۳]، ثبت ضربان قلب (**ECG**)، آنالیز خون، تعیین

---

[۱] Implant
[۲] Wearable
[۳] Electro encephalo graphy

درجه حرارت بدن، اندازه‌گیری قند خون و... اشاره کرد. هماهنگ کننده که به آن دستیار دیجیتال شخصی (**PDA**)[1] هم گفته می‌شود. اطلاعات دریافت شده از حسگرها را ذخیره و آن را در صورت لزوم برای متخصصان، مراکز درمانی، اورژانس، پرستاران و سرورهای پزشکی ارسال می‌کند. **PDA** از راه‌های مختلفی مثل استانداردهای ۸۰۲.۱۱، بلوتوث یا شبکه‌های سلولی اقدام به ارسال اطلاعات می‌کند. مراکز و افراد مربوطه پس از دریافت، بر حسب نوع

[1] Personal digital assistant

اطلاعات دریافتی (اورژانسی بودن یا نبودن) تصمیماتی را اتخاذ می‌نمایند. از نقطه نظر اینکه **WBAN** چگونه تصمیمی را عملی می‌کند سه نوع زیر ساخت مطرح شده که در ادامه به آن می‌پردازیم[۱۷].

۱-شبکه‌های بدنی بی‌سیم مدیریت شده **(MWBAN)**[۱]: **PDA** پس از دریافت اطلاعات، آنالیزهایی بر روی آن انجام می‌دهد و در صورت تشخیص مشکل، پیام هشداری به

[۱] Management WBAN

نزدیک‌ترین بیمارستان یا متخصص ارسال می-کند. متخصص یا سازمان مربوطه تصمیمی را اتخاذ کرده و به **PDA** بر می‌گرداند.**PDA** بر اساس تصمیم گرفته شده عملی را بر روی بدن انسان انجام می‌دهد. برای این کار، شبکه لازم است تا از طریق ارتباطات در محدوده‌ی وسیعی مثل شبکه‌های سلولی یا استانداردهای ۸۰۲.۱۱ به اینترنت وصل شود. مزیت این نوع ساختار، نظارت مستقیم متخصص مربوطه بر روال انجام کار است. علت نامگذاری این نوع زیر ساخت به

این دلیل است که شخص سومی مدیریت عملکرد شبکه‌ی **WBAN** را بر عهده دارد.

۲-شبکه‌های بدنی بی‌سیم خود مختار (**AWBAN**)[۱]: در این حالت **PDA** به شبکه-هایی با محدوده‌ی وسیع ارتباط برقرار نمی-کند.**PDA** در واقع دستگاهی با هوش بالاتری است و طوری برنامه‌ریزی شده است که خودش می‌تواند تصمیماتی را بگیرد. بنابراین اگر مشکلی رخ دهد، **PDA** قادر خواهد بود ورودی‌های

[۱] Autonomous WBAN

مختلف را آنالیز کند، تشخیصی را انجام دهد و به عمل کننده‌ها دستور دهد به منظور حل کردن مشکل عملی را بر روی بدن انسان انجام دهند. به عنوان مثال **PDA** قند خون را اندازه‌گیری می‌کند و اگر از حد خاصی بالاتر بود به عمل کننده‌ها دستور می‌دهد تا مقداری انسولین در بدن فرد تزریق کنند. از جمله مزایای این نوع شبکه‌ها ، استقلال شبکه و عدم نیاز به شبکه‌هایی با محدوده‌ی وسیع است. به هر حال تشخیص و درمان یک بیماری توسط کامپیوتر به خوبی این

کار توسط پزشک نخواهد بود.

۳-شبکه‌های بدنی بی‌سیم هوشمند (**IWBAN**)[۱]: در این شبکه‌ها هر دو روش مدیریت شده و خود مختار با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در حالت های ساده خود **WBAN** می‌تواند عملی را بر روی بدن انجام دهد (**AWBAN**) اما زمانی که با وضعیت‌های پیچیده‌تری مواجه می‌شویم که نیاز به مهارت انسانی است، **WBAN** هشداری را برای پزشک

[۱] Intelligent WBAN

ارسال می کند و وی بهترین تصمیم را می گیرد.

پیکربندی سه سطحی سیستم نظارت بر سلامتی بیمار

معماری شبکه، سازماندهی منطقی دستگاه‌های ارتباطی در یک سیستم می‌باشد[۱۵].در این بخش سیستم نظارت بر سلامتی بیمار که متشکل از سه لایه است، بررسی می‌شود. ۱- ارتباطات درون **BAN**[۱](لایه شبکه حسگر)، ۲- ارتباطات بین **BAN**[۲](لایه شبکه محاسبات)، ۳- ارتباطات

---

[۱] Intra-BAN communications
[۲] Inter-BAN communications

فراتر از **BAN**[۱](لایه شبکه نظارت از راه دور)[۱۸].

شکل(۲)یک معماری عمومی از یک سیستم نظارت بر سلامتی مبتنی بر **BAN** را نشان می-دهد.**ECG**،**EEG**[۲]،**EMG**[۳]،سنسورهای حرکتی و سنسورهای فشار خون داده های خود را به دستگاه سرورشخصی (**PS**)[۴] ارسال می-کنند. سپس این داده ها برای تشخیص بیماری از

---

[۱] Beyond-BAN communication
[۲] electroencephalography
[۳] electromyography
[۴] personal server